

УДК 669.621

РОЗРОБКА МЕТАЛОКЕРАМІЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

П.М. Присяжнюк, А.О.Криль, Я.А.Криль

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,
e-mail: zvd@nung.edu.ua

Проведены исследования, касающиеся возможности получения металлокерамического композиционного материала на основе нитрида титана со связкой из высокомарганцевой стали методом пропитки пористого керамического каркаса в среде аргона. Полученный материал является практически безпористым и обладает высокой твердостью - 85 HRA и эффектом деформационного упрочнения.

Research of possibility of receipt of cermet composition material on the basis of titanium nitride with a copula from high-manganese steel by the method of impregnation of porous ceramic to framework in the environment of argon. The got material is practically unporous and owns high hardness 85 HRA and effect of the deformation strengthening.

Пари тертя нафтогазового обладнання працюють в умовах інтенсивного гідроабразивного зношування, що супроводжується високим рівнем навантажень статичного та динамічного характеру.

Закордонні фірми пропонують матеріали для пар тертя нафтогазового обладнання, виготовлені на основі тугоплавких сполук (конструкційна кераміка). Такі матеріали характеризуються високим рівнем триботехнічних властивостей та абразивною зносостійкістю, однак їх застосування обмежено через властиву кераміці крихкість. Одним із напрямків зниження крихкості є створення композиційних матеріалів (керметів), що поєднують у собі твердість керамічної фази та в'язкість металевої зв'язки, зокрема на основі феросплавів.

Розроблено кермети на основі тугоплавких сполук (карбідів, нітридів, боридів), у яких металеву зв'язкою є Mo, Ni, Cr або їх поєднання [1]. Ці зв'язки не піддаються термічному або деформаційному впливові у сформованих керметах. Застосування залізовуглецевих сплавів у процесі формування керметів на основі тугоплавких сполук відкриває нові можливості металевій фази – регулювання властивостей за рахунок термічної обробки і пластичної деформації. Цей підхід був реалізований при розробці карбідосталей на основі карбідів титану і вольфраму з залізовуглецевою зв'язкою (сталь Гадфільда) [2]. Літературні дані щодо розробки керметів з тугоплавкими нітридами на залізовуглецевій зв'язці відсутні, тому розробка керметів на основі тугоплавких нітридів (титану, алюмінію, кремнію, бору) зі зв'язкою із феросплавів із оптимальним фазовим складом та вираженою гетерофазовою структурою є актуальною проблемою сучасного матеріалознавства.

Складністю розробки такого типу матеріалів є висока хімічна активність сталі та елементів, які застосовуються для його легування, по відношенню до більшості тугоплавких сполук, що викликає утворення на границях розділу фаз структур евтектичного типу та хімічних сполук, що знижують експлуатаційні властивості

матеріалів. Тому використання легованих сталей як цементуючої зв'язки в керметах у поєднанні з тугоплавкими сполуками, такими як WC, TiC, призводить до збіднення зв'язки легуючими елементами та формуванню розвинutoї дифузійної зони (кільцевої структури) [2].

Найбільш повно властивості таких матеріалів можуть проявитись за наявності у цементуючій зв'язці структурно-фазового переходу при деформації, яке може забезпечувати високі експлуатаційні показники під час роботи в умовах, що характеризуються високими питомими навантаженнями. Класичним матеріалом, що володіє ефектом деформаційного зміцнення, є високомарганцева сталь (сталь Гадфільда) Г13, механічні властивості якої у процесі деформації різко зростають внаслідок проходження процесів структурного та фазового переходу.

Розробка нового класу керметів на основі тугоплавких нітридів (нітридосталей), зокрема на основі TiN, створює перспективу, що зможе доповнити і розширити область застосування карбідосталей як конструкційного та інструментального матеріалу.

Критерієм для створення металокерамічних матеріалів є відсутність інтенсивної хімічної взаємодії на границі розділу фаз та змочуваність [1]. Нітрид титану не розчиняється у залізі і не змочується залізовуглецевими сплавами [3]. Однак, вплив адгезійно-активних добавок (зокрема марганцю) на процес змочування нітриду титану сталлю потребує окремого дослідження.

Мета даного дослідження – вивчити вплив марганцю на змочуваність нітриду титану залізовуглецевими сплавами з метою одержання керметів на основі TiN зі сталлюю зв'язкою, здатною до деформаційного зміцнення.

У роботі використовувався порошок TiN виробництва ДЗХР (Донецький завод хімічних реактивів) із середнім розміром зерен 2 мкм. Хімічний склад порошку наведено у табл. 1

Заготовки з порошку TiN пресували у сталюх прес-формах діаметром 30 мм з використанням пластифікатора (5%-ний розчин натурального каучуку у бензині) під тиском 300 МПа.

Таблиця 1 – Хімічний склад порошку TiN

Порошок	Вміст елементів, % (за масою)				
	Ti	N	O	C	Fe
TiN	75,7	18,7	2,7	0,55	1,4

Після вигоряння пластифікатора (у вакуумі за температури 900°C протягом 1 год.) густина заготовок складала 62% від теоретичної. Спінання заготовок проводили в атмосфері азоту ($P=0,02$ МПа) за температури 1500°C протягом 1 год. Контроль температури проводився за допомогою вольфрам-ренієвої термопарі BP5/BP20. Після спікання густина зразків складала 69% від теоретичної.

Сталь з різним вмістом марганцю одержували сплавленням (у різних пропорціях) сталей Г13 і У11. Таким чином, одержували зразки сталі з однаковим вмістом вуглецю (близько 1%) та різним вмістом марганцю.

Дослідження змочуваності нітриду титану проводилось методом лежачої краплі у середовищі аргону (0,02 МПа) за температури 1500°C та часу витримки 30 хв.

Залежність крайового кута змочування нітриду титану Fe-Mn-C-сплавами наведена на рис. 1. За відсутності марганцю (сталь У11) крайовий кут змочування становить 100°, а у разі збільшення його концентрації до 13% (сталь Г13) знижується і сягає 30°

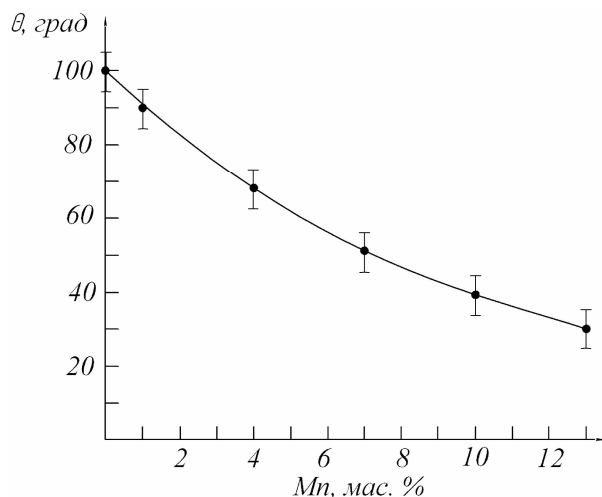


Рисунок 1 – Концентраційна залежність крайового кута змочування нітриду титану Fe-Mn-C сплавами у залежності від вмісту марганцю

Дослідження мікротвердості зони контакту на косому шліфі виготовленому із закристалізованої краплі сталі Г13 на поверхні нітриду титану після витримки в аргоні за температури 1500°C протягом 30 хв. (рис. 2). вказують на відсутність помітної взаємодії на границі розділу фаз, про що свідчить стрибкоподібна зміна мікротвердості від 2 ГПа (сталь) до 21 ГПа (TiN).

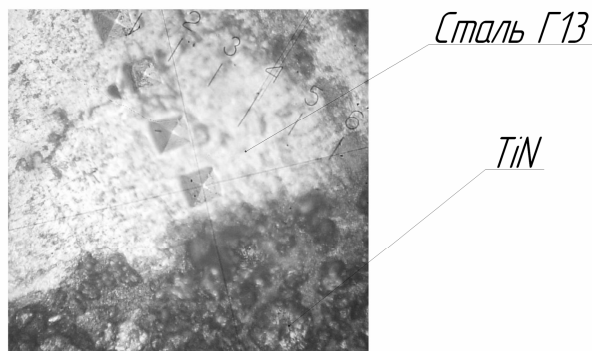


Рисунок 2 – Зона контакту TiN – сталь Г13 (×475)

Наявність хорошої змочуваності (кут змочування значно менший 90°) та відсутність інтенсивної хімічної взаємодії створюють передумови для отримання композиційного матеріалу методами порошкової металургії у присутності рідкої фази – рідкофазним спіканням та просочуванням пористого керамічного каркасу розплавом.

Для одержання зразків порошок TiN пресували у сталевій прес-формі до пористості 40% і спікали у середовищі азоту ($P=0,02$ МПа) за температури 1500°C. За рахунок припікання частин після спікання формується скелетоподібний каркас із незначною зміною пористості. На отриману заготовку поміщався брикет сталі Г13 масою, достатньою для заповнення всього об'єму пор. Просочування проводили за температури 1500°C у середовищі аргону протягом 30 хв.

Для одержання кермету TiN-сталь застосовували метод просочування, оскільки він дає змогу отримувати безпористі матеріали без використання спеціальних порошків сталей, що не випускаються серійно, а як сировину для просочування використовувати відходи та деталі, що втратили свою працездатність і не підлягають відновленню. Крім того, кермети, отримані за методом просочування, перевищують за механічними властивостями аналоги, отримані за методами твердо- та рідкофазового спікання, що пояснюється відсутністю замкнених пор та шкідливих домішок, які утворюються на границях зерен. У процесі просочування фронт розплаву сприяє рівномірному розподілу домішок в об'ємі або виведенню їх на поверхню.

Вибір атмосфери (аргон) для просочування було зумовлено високою схильністю марганцю до сублімації у вакуумі, що призводить до зміни фазового та хімічного складу сталі. Наслідком цього є зменшення у сталі кількості γ -фази, здатної до деформаційного зміцнення.

Після просочування отримано щільні зразки густиною 5,9 г/см³ (98% від теоретичної). Мікроструктура зразків складається із зерен TiN поліедричної форми розміром 2-5 мкм, достатньо рівномірно розподілених у сталевій зв'язці (рис. 3).

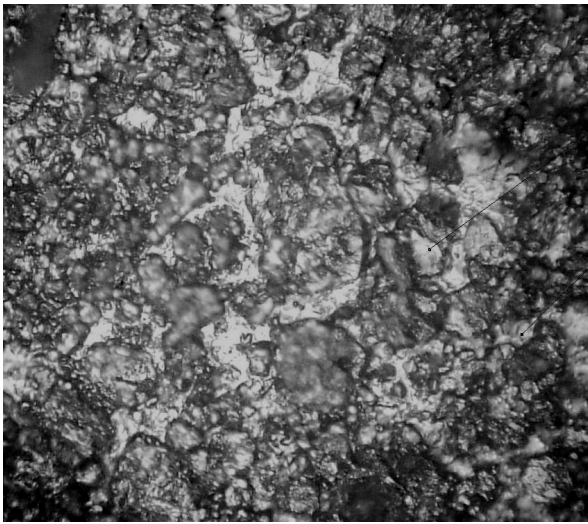


Рисунок 3 – Мікроструктура кермету TiN – сталь Г13 ($\times 475$)

Рентгеноструктурний аналіз отриманих зразків (рис. 4) свідчить про наявність дифракційних максимумів, які відносяться до ГЦК-гратки аустеніту з параметром $a=0,3609$, що відповідає параметру гратки марганцевого аустеніту [2] та нітриду титану з параметром гратки $a=0,42475$, причому кількість нітриду титану за масою становить 74,8%, а аустеніту – 24, 2%, інших фаз за результатами рентгенівського аналізу виявлено не було (рис. 4).

Мікрорентгеноспектральний аналіз показав наявність незначної розчинності нітриду титану у сталі, що, очевидно, викликано впливом марганцю, причому у матеріалі на границі розділу фаз ознак дифузійної зони не спостерігається.

Під час вимірювання параметрів механічних характеристик зразків за методом Віккерса спостерігається залежність твердості від прикладеного на індентор навантаження (рис. 5). За низьких деформацій твердість залишається високою, у міру підвищення навантаження вона зменшується, а відтак починає зростати пропо-

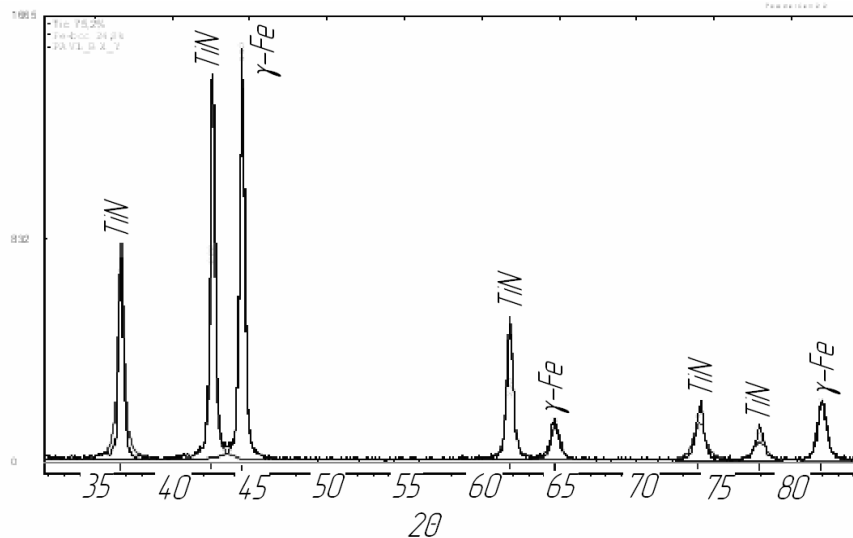


Рисунок 4 – Рентгенівська дифракція кермету TiN – сталь Г13

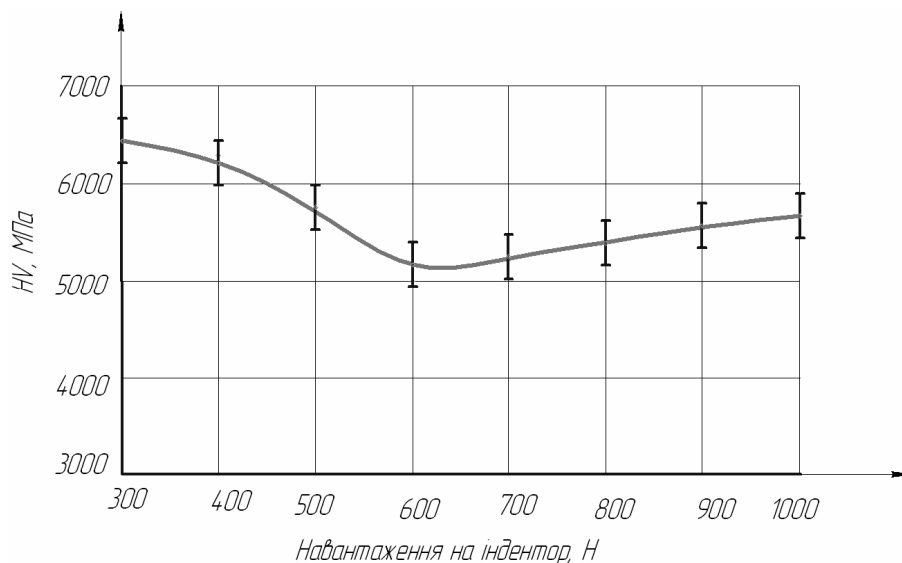


Рисунок 5 – Залежність твердості від навантаження на індентор кермета TiN – сталь Г13

рційно до навантаження. Це відбувається внаслідок того, що за малих деформацій опір матеріалу заглибленню алмазної піраміди забезпечується в основному керамічним каркасом, а у випадку їх збільшення проявляється властивість сталі Г13 до деформаційного зміцнення за рахунок протікання процесів фазового переходу.

Отже, встановлено, що марганець у залізвуглецевих сплавах є адгезійно-активним компонентом по відношенню до нітриду титану і забезпечує змочуваність достатню для просочування і формування кермету TiN – сталь Г13, у якому зв'язкою є високомарганцевий аустеніт і з здатністю до інтенсивного наклепу. Матеріали такого типу можуть застосовуватись в умовах роботи, де абразивне зношування супроводжується високими питомими тисками.

Із результатів проведених досліджень видно, що отриманий металокерамічний матеріал володіє високою твердістю – 80-85 HRA, а також здатністю до деформаційного зміцнення. Матеріал TiN – сталь Г13 може бути рекомендований для вузлів пар тертя нафтогазового обладнання, що працюють в умовах абразивного зношування за високих питомих тисків.

Література

- 1 Керметы. / под ред. П.С. Кислого.– Киев: Наук. думка, 1985. – 272 с.
- 2 Кульков С.Н. Карбидостали на основе карбидов титана и вольфрама / С.Н.Кульков, С.Ф.Гнюсов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 240 с.
- 3 Панасюк А.Д. Стойкость неметаллических материалов в сплавах: справочник / Панасюк А.Д., Фоменко В.С., Глебова Г.Г. – Киев: Наук. думка, 1986. – 352 с.
- 4 Гуревич Ю.Г. Карбидостали / Гуревич Ю.Г., Нарва В.К., Фраге Н.Р. – М.: Металлургия, 1988. – 144 с.